

## CONNECTING STRUCTURE FOR DIELECTRIC WAVEGUIDE LINE AND RECTANGULAR WAVEGUIDE

Patent Number: JP2000196301  
Publication date: 2000-07-14  
Inventor(s): TAKENOSHITA TAKESHI; UCHIMURA HIROSHI  
Applicant(s): KYOCERA CORP  
Requested Patent: JP2000196301  
Application Number: JP19980366973 19981224  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01P1/04; H01P3/12  
EC Classification:  
Equivalents: JP3522138B2

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a connecting structure for connecting a laminated dielectric waveguide line and rectangular waveguide which can be formed in a dielectric substrate with a low transmission loss.

**SOLUTION:** This is the connecting structure of a dielectric waveguide line 6 which is provided with a pair of conductor layers 2 and 3 interposing a dielectric substrate, and through conductor groups 4 in two rows formed so as to be connected between the conductor layers 2 and 3 in the transmitting direction of a high frequency signal with repeated intervals which are a half of signal wavelength or less and prescribed width, and through-conductor groups 4 formed in parallel with the conductor layers 2 and 3 with a rectangular waveguide 8. In this case, the rectangular waveguide 8 is butted to a window 7 for connection formed at the conductor layer 2 of the dielectric waveguide line 6 so as to be covered with opening edge faces 9 so that the transmitting direction of the high frequency signal can be orthogonally crossing, and the interval between the conductor layers 2 and 3 in the butted part is set so as to be the length of  $(\lambda b/4) \times (1/\sqrt{\epsilon_r})\lambda_b$  ( $\lambda_b$ : wavelength in the rectangular waveguide 8,  $\epsilon_r$ : the relative dielectric constant of a dielectric substrate 1). Thus, the reflection of the high frequency signal can be reduced, and the dielectric waveguide line can be connected with the rectangular waveguide with a low transmission loss.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

## （12）公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-196301

(P2000-196301A)

(43)公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51)Int.Cl.

H 01 P 1/04  
3/12

識別記号

F I

H 01 P 1/04  
3/12

マークド(参考)

5 J 0 1 1  
5 J 0 1 4

)

審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-366973

(22)出願日 平成10年12月24日(1998.12.24)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72)発明者 竹之下 健

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72)発明者 内村 弘志

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

F ターム(参考) 5J011 DA01

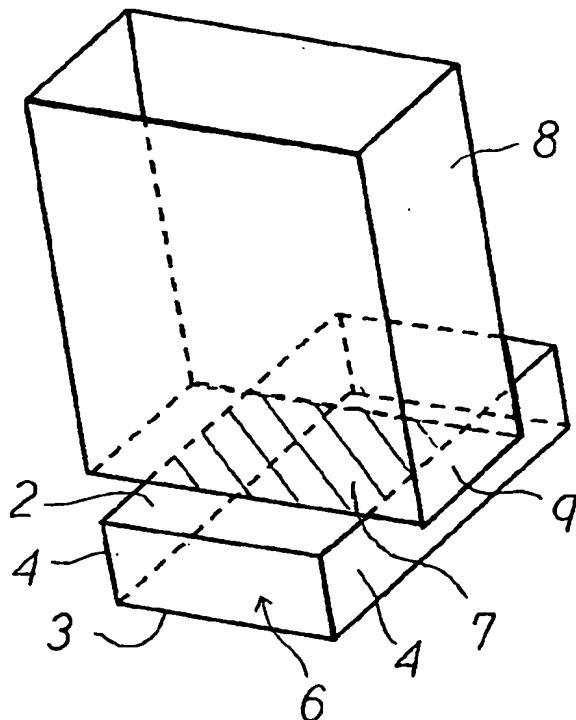
5J014 DA01

(54)【発明の名称】 誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造

(57)【要約】

【課題】 誘電体基板内に形成できる積層型の誘電体導波管線路と方形導波管とを低伝送損失で接続できる接続構造を提供する。

【解決手段】 誘電体基板1を挟持する一対の導体層2・3と、高周波信号の伝送方向に信号波長の2分の1未満の繰り返し間隔と所定の幅で導体層2・3間を接続して形成された2列の貫通導体群4と、導体層2・3と平行に形成され、貫通導体群4とを具備して成る誘電体導波管線路6の導体層2に設けた結合用窓7に、高周波信号の伝送方向が直交するように方形導波管8をその開口端面9で覆うようにして当接させるとともに、当接部における導体層2・3の間隔を  $(\lambda_b/4) \times (1/\sqrt{\epsilon_r})$  ( $\lambda_b$ : 方形導波管8の管内波長、 $\epsilon_r$ : 誘電体基板1の比誘電率) の長さに設定した誘電体導波管線路6と方形導波管8との接続構造である。高周波信号の反射を低減して低伝送損失で接続することができる。



### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 誘電体基板を挟持する一対の導体層と、高周波信号の伝送方向に信号波長の2分の1未満の繰り返し間隔で、かつ前記伝送方向と直交する方向に所定の幅で前記導体層間を電気的に接続して形成された2列の貫通導体群とを具備して成り、前記導体層および前記貫通導体群で囲まれた伝送領域によって高周波信号を伝送する誘電体導波管線路と、一方の前記導体層に設けた結合用窓に高周波信号の伝送方向が直交するように開口端面を対向させた方形導波管とを、前記結合用窓を前記開口端面で覆うようにして当接させるとともに、この当接部における前記一対の導体層の間隔を  $(\lambda b / 4) \times (1 / \sqrt{\epsilon_r})$  (ただし、 $\lambda b$  : 方形導波管の管内波長、 $\epsilon_r$  : 誘電体基板の比誘電率) の長さに設定したことを特徴とする誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造。

【請求項 2】 前記誘電体導波管線路において前記結合用窓から高周波信号の伝送方向に  $\lambda a / 4$  (ただし、 $\lambda a$  : 誘電体導波管線路の管内波長) の長さの位置に、前記2列の貫通導体群の幅および/または前記一対の導体層の間隔を変化させた前記伝送領域の変化部を設けたことを特徴とする請求項 1 記載の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はマイクロ波帯やミリ波帯等の高周波信号を伝達するための誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造に関し、特に直交する誘電体導波管線路と方形導波管とを低損失に接続することができる誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】 近年、マイクロ波帯やミリ波帯等の高周波信号を用いた移動体通信および車間レーダ等の研究が盛んに進められている。これらの高周波回路において高周波信号を伝送するための伝送線路には小型で伝送損失が小さいことが求められている。特に、高周波回路を構成する基板上または基板内に形成できることで小型化の面で有利となることから、従来、そのような伝送線路としてストリップ線路やマイクロストリップ線路・コプレーナ線路・誘電体導波管線路等が用いられてきた。

【0003】 これらのうちストリップ線路・マイクロストリップ線路・コプレーナ線路は誘電体基板と線路導体層とグランド（接地）導体層とで構成されており、線路導体層とグランド導体層の周囲の空間および誘電体基板中を高周波信号の電磁波が伝播するものである。これらの線路は30GHz帯域までの信号伝送に対しては問題ないが、30GHz以上では伝送損失が生じやすいという問題点がある。

【0004】 これに対して導波管型の伝送線路は30GHz

$z$  以上のミリ波帯域においても伝送損失が小さい点で有利である。

【0005】 このうち方形導波管は、断面が方形の金属壁で囲まれた空気中を電磁波が伝搬する構造となっており、誘電体による損失がないため30GHz以上のミリ波帯域においても伝送損失が非常に小さいものである。

【0006】 しかし、線路断面の長手方向の長さを伝搬する信号波長の2分の1以上とする必要があるため、寸法が大きく高密度での配線が困難であるという問題点がある。また、金属壁で構成されるため、高精度な加工が困難であるという問題点もある。

【0007】 これに対し、導波管の優れた伝送特性を活かした、誘電体多層基板内に形成可能な伝送線路である誘電体導波管線路は、導体壁で囲まれた領域の内部に誘電体が満たされた構造となっているため誘電体による伝送損失があるものの、損失の小さい誘電体を用いれば伝送損失を実用上問題ない程度に小さくすることができ、方形導波管と同じ周波数範囲で信号を伝搬させようとすると、誘電体の比誘電率を  $\epsilon_r$  としたときに線路の断面のサイズを  $1 / \sqrt{\epsilon_r}$  と小型にできるメリットがある。

【0008】 例えば、特開平6-53711号公報において、誘電体基板を一対の主導体層で挟み、さらに主導体層間を接続する2列に配設された複数のピアホールによって側壁を形成した導波管線路が提案されている。この導波管線路は誘電体材料の四方を一対の主導体層とピアホールによる疑似的な導体壁で囲むことによって導体壁内の領域を信号伝送用の線路としたものである。このような構成によれば、構成がいたって簡単となって装置全体の小型化も図り得るというものである。

【0009】 さらに、本発明者は特願平8-229925号において誘電体基板中に形成した多層構造による誘電体導波管線路を提案した。これは積層型導波管と呼ばれるものであり、前述のような誘電体導波管線路を誘電体層と一対の主導体層と貫通導体群とで形成し、さらに貫通導体群に加えて副導体層を形成することにより、電気的な壁としての側壁を強化したものである。前述のような誘電体導波管線路では導波管内に貫通導体に平行でない電界が存在すると側壁から電界の漏れが発生するが、この積層型導波管では副導体層があるためにこのような電界の漏れが発生しない優れたものとなる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、誘電体導波管線路を用いて構成された高周波回路について例えば高周波特性を測定・評価するためにネットワークアナライザ等の測定装置へ接続するためには、誘電体導波管線路を直接接続することが困難であり、方形導波管を介すると容易に接続することができてより正確な測定が可能になる。また、MMIC（マイクロ波モノリシック集積回路）等の能動回路に誘電体導波管線路を接続する場合にも、方形導波管を介することによって接続が容易と

なり、回路全体の小型化が可能となる。そのため、良好な伝送特性を有する方形導波管と誘電体導波管線路との接続構造を構成することが求められていた。

【0011】本発明は上記事情に鑑みて案出されたものであり、その目的は、接続部での高周波信号の反射を低減して低損失で接続することができる誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造を提供することにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造は、誘電体基板を挟持する一対の導体層と、高周波信号の伝送方向に信号波長の2分の1未満の繰り返し間隔で、かつ前記伝送方向と直交する方向に所定の幅で前記導体層間を電気的に接続して形成された2列の貫通導体群とを具備して成り、前記導体層および前記貫通導体群で囲まれた伝送領域によって高周波信号を伝送する誘電体導波管線路と、一方の前記導体層に設けた結合用窓に高周波信号の伝送方向が直交するように開口端面を対向させた方形導波管とを、前記結合用窓を前記開口端面で覆うようにして当接させるとともに、この当接部における前記一対の導体層の間隔を $(\lambda b / 4) \times (1 / \sqrt{\epsilon_r})$ （ただし、 $\lambda b$ ：方形導波管の管内波長、 $\epsilon_r$ ：誘電体基板の比誘電率）の長さに設定したことを特徴とするものである。

【0013】また、本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造は、上記構成において、前記誘電体導波管線路において前記結合用窓から高周波信号の伝送方向に $\lambda a / 4$ （ただし、 $\lambda a$ ：誘電体導波管線路の管内波長）の長さの位置に、前記2列の貫通導体群の幅および／または前記一対の導体層の間隔を変化させた前記伝送領域の変化部を設けたことを特徴とするものである。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造について図面を参照しながら説明する。

【0015】図1は本発明に用いる誘電体導波管線路の構成例を説明するための概略斜視図である。図1において、1は誘電体基板、2および3は誘電体基板1を挟持する一対の導体層、4は信号伝送方向に信号波長の2分の1未満の繰り返し間隔cで、かつ信号伝送方向と直交する方向に所定の幅bで一対の導体層2・3間を電気的に接続するように形成された2列の貫通導体群である。また、5は貫通導体群4の各列を形成する貫通導体同士を電気的に接続する、導体層2・3と平行に形成された補助導体層であり、必要に応じて適宜設けられる。6はこれら一対の導体層2・3と貫通導体群4および補助導体層5により形成される誘電体導波管線路である。このように一対の導体層2・3と貫通導体群4とで囲まれた領域に対してさらに補助導体層5を形成することにより、誘電体導波管線路6の内部から見るとその側壁は貫通導体群4と補助導体層5とによって細かな格子状にな

り、様々な方向の電磁波が遮蔽される。

【0016】図1に示すように、所定の厚みaの誘電体基板1を挟持する位置に一対の導体層2・3が形成されており、導体層2・3は誘電体基板1の少なくとも伝送線路形成位置を挟む上下面に形成されている。また、導体層2・3間に導体層2と3とを電気的に接続するスルーホール導体やビアホール導体等の貫通導体が多数設けられ、これら多数の貫通導体により2列の貫通導体群4を形成している。

【0017】2列の貫通導体群4は、図示するように、高周波信号の伝送方向すなわち線路形成方向に信号波長の2分の1未満の所定の繰り返し間隔cで、かつ伝送方向と直交する方向に所定の一定の間隔（幅）bをもって形成されている。これにより、この誘電体導波管線路6における電気的な側壁を形成している。

【0018】ここで、誘電体基板1の厚みaすなわち一対の導体層2・3間の間隔に対する制限は特にないが、シングルモードで用いる場合には間隔bに対して2分の1程度または2倍程度とすることがよく、図1の例では誘電体導波管線路6のH面に当たる部分が導体層2・3で、E面に当たる部分が貫通導体群4および補助導体層5でそれぞれ形成される。また、間隔bに対して厚みaを2倍程度とすれば、誘電体導波管線路6のE面に当たる部分が導体層2・3で、H面に当たる部分が貫通導体群4および補助導体層5でそれぞれ形成されることとなる。

【0019】また、間隔cが信号波長の2分の1未満の間隔に設定されることで貫通導体群4により電気的な壁が形成できる。この間隔cは、望ましくは信号波長の4分の1未満である。

【0020】平行に配置された一対の導体層2・3間にT E M波が伝播できるため、貫通導体群4の各列における貫通導体の間隔cが信号波長の2分の1（ $\lambda / 2$ ）よりも大きいと、この誘電体導波管線路6に電磁波を給電しても電磁波は貫通導体群4の間から漏れてしまい、ここで作られる疑似的な導波管線路に沿って伝播しない。しかし、貫通導体群4の間隔cが $\lambda / 2$ よりも小さいと、電気的な側壁を形成することとなって電磁波は誘電体導波管線路6に対して垂直方向に伝播することができず、反射しながら誘電体導波管線路6の信号伝送方向に伝播される。

【0021】その結果、図1のような構成によれば、一対の導体層2・3と2列の貫通導体群4および補助導体層5とによって囲まれる断面積がa×bのサイズの領域が誘電体導波管線路6となる。

【0022】図1に示した態様では貫通導体群4は2列に形成したが、この貫通導体群4を4列あるいは6列に配設して、貫通導体群4による疑似的な導体壁を2重・3重に形成することにより導体壁からの電磁波の漏れをより効果的に防止することもできる。

【0023】このような誘電体導波管線路6によれば、誘電体導波管による伝送線路となるので、誘電体基板1の比誘電率を $\epsilon_r$ とするとその導波管サイズは通常の導波管の $1/\sqrt{\epsilon_r}$ の大きさになる。従って、誘電体基板1を構成する材料の比誘電率 $\epsilon_r$ を大きいものとするほど導波管サイズを小さくすることができて高周波回路の小型化を図ることができ、高密度に配線が形成される多層配線基板または半導体素子収納用パッケージあるいは車間レーダの伝送線路としても利用可能な大きさの誘電体導波管線路6とすることができます。

【0024】なお、貫通導体群4を構成する貫通導体は前述のように信号波長の2分の1未満の繰り返し間隔cで配設されており、この間隔cは良好な伝送特性を実現するためには一定の繰り返し間隔とすることが望ましいが、信号波長の2分の1未満の間隔であれば、適宜変化させたりいくつかの値を組み合わせたりしてもよい。

【0025】このような誘電体導波管線路6を構成する誘電体基板1としては、誘電体として機能し高周波信号の伝送を妨げることのない特性を有するものであれば限りわけ限定するものではないが、伝送線路を形成する際の精度および製造の容易性の点からは、誘電体基板1はセラミックスから成ることが望ましい。

【0026】このようなセラミックスとしてはこれまで様々な比誘電率を持つセラミックスが知られているが、本発明に係る誘電体導波管線路によって高周波信号を伝送するためには常誘電体であることが望ましい。これは、一般に強誘電体セラミックスは高周波領域では誘電損失が大きく伝送損失が大きくなるためである。従って、誘電体基板1の比誘電率 $\epsilon_r$ は4~100程度が適当である。

【0027】また、一般に多層配線基板や半導体素子収納用パッケージあるいは車間レーダに形成される配線層の線幅は最大でも1mm程度であることから、比誘電率が100の材料を用い、上部がH面すなわち磁界が上側の面に平行に巻く電磁界分布になるように用いた場合は、用いることのできる最小の周波数は15GHzと算出され、マイクロ波帯の領域でも利用可能となる。

【0028】一方、一般的に誘電体基板1として用いられる樹脂からなる誘電体は、比誘電率 $\epsilon_r$ が2程度であるため、線幅が1mmの場合は約100GHz以上でないと利用することができないものとなる。

【0029】また、このような常誘電体セラミックスの中にはアルミナやシリカ等のように誘電正接が非常に小さなものが多いため、全ての常誘電体セラミックスが利用可能であるわけではない。誘電体導波管線路の場合は導体による損失はほとんどなく、信号伝送時の損失のほとんどは誘電体による損失である。その誘電体による損失 $\alpha$ (dB/m)は次のように表わされる。

$$\alpha = 27.3 \times \tan \delta / [\lambda / [1 - (\lambda / \lambda_c)^2]^{1/2}]$$

式中、 $\tan \delta$ : 誘電体の誘電正接

$\lambda$ : 誘電体中の波長

$\lambda_c$ : 遮断波長

規格化された矩形導波管(WRJシリーズ)形状に準ずると、上式中の $[1 - (\lambda / \lambda_c)^2]^{1/2}$ は0.75程度である。

【0030】従って、実用に供し得る伝送損失である-100dB/m以下にするには、次の関係が成立するよう誘電体を選択することが必要である。

$$f \times \epsilon_r^{1/2} \times \tan \delta \leq 0.8$$

式中、fは使用する高周波信号の周波数(GHz)である。

【0031】このような誘電体基板1としては、例えばアルミナセラミックスや窒化アルミニウムセラミックス・ガラスセラミックス等がある。これらによる誘電体基板1は、例えばセラミックス原料粉末に適当な有機溶剤・溶媒を添加混合して泥漿状になるとともに、これを從来周知のドクターブレード法やカレンダーロール法等を採用してシート状となすことによって複数枚のセラミックグリーンシートを得て、しかる後、これらセラミックグリーンシートの各々に適当な打ち抜き加工を施すとともにこれらを積層し、アルミナセラミックスの場合は1500~1700°C、ガラスセラミックスの場合は850~1000°C、窒化アルミニウムセラミックスの場合は1600~1900°Cの温度で焼成することによって製作される。

【0032】また、一対の導体層2・3は、例えば誘電体基板1がアルミナセラミックスから成る場合には、タンゲステン等の金属粉末に適当なアルミナ・シリカ・マグネシア等の酸化物や有機溶剤・溶媒等を添加混合してペースト状にしたもの用いて厚膜印刷法により少なくとも伝送線路を完全に覆うようにセラミックグリーンシート上に印刷し、しかる後、約1600°Cの高温で焼成し、厚み10~15μm以上となるようにして形成する。なお、金属粉末としては、ガラスセラミックスの場合は銅・金・銀が、窒化アルミニウムセラミックスの場合はタンゲステン・モリブデンが好適である。また、導体層2・3の厚みは一般的に5~50μm程度とされる。

【0033】また、貫通導体群4を構成する貫通導体は、例えばビアホール導体やスルーホール導体等により形成すればよい。その断面形状は製作が容易な円形の他、矩形や菱形等の多角形であってもよい。これら貫通導体は、例えばセラミックグリーンシートに打ち抜き加工を施して作製した貫通孔に導体層2・3と同様の金属ペーストを埋め込み、しかる後、誘電体基板1と同時に焼成して形成する。なお、貫通導体は直径50~300μmが適当である。次に、このような誘電体導波管線路を用いた、本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造の実施の形態の一例を図2に示す。

【0034】図2は誘電体導波管線路の一対の導体層のうち上側に位置する導体層の上に高周波信号の伝送方向

が直交するように方形導波管の開口端面を当接させて接続した状態を示す斜視図であり、理解を容易にするため誘電体導波管線路は輪郭で表示している。なお、図1と同様の箇所には同じ符号を付してあり、誘電体基板は表示を省略してある。

【0035】図2において2・3は一对の導体層、4は2列の貫通導体群、6は誘電体導波管線路である。この例では、誘電体導波管線路6において導体層2・3がH面となり、貫通導体群4による疑似的な導体壁がE面となる。7は一方の導体層、ここでは上側に位置する導体層2に対して2列の貫通導体群4の幅の間の部分に高周波信号の結合用の開口として設けた導体層の非形成部である結合用窓であり、導体層2中に斜線を施して示している。また、8は内部が中空の金属壁で構成された方形導波管であり、その開口端面9で結合用窓7を覆うようにして、高周波信号の伝送方向が直交するように誘電体導波管線路6の導体層2に当接させて配置されている。

【0036】方形導波管8の開口端面9は誘電体導波管線路6の結合用窓7を全て覆っており、かつ導体層2に当接させ、隙間なく密着させることによって電気的に導通している。これにより、方形導波管8を伝播してきた電磁波は結合用窓7を介して誘電体導波管線路6に伝播することとなるが、方形導波管8の内部が比誘電率が1で誘電体導波管線路6の比誘電率が所定の $\epsilon_r$ であるため、および誘電体導波管線路6において結合用窓7と対向する下面には導体層3があるため、高周波信号の電磁波の一部は方形導波管8側に反射され、その他の大部分は誘電体導波管線路6に伝播する。

【0037】高周波信号の反射が大きいと接続部における伝送損失が大きくなるため誘電体導波管線路6を伝播する割合が小さくなるが、反射が大きいと接続部における伝送損失が大きくなるため誘電体導波管線路6を伝播する割合が小さくなる。ここで、誘電体導波管線路6と方形導波管8の高周波信号の伝送方向が垂直になるように接続されれば、両者の比誘電率の差による反射の影響は小さく導体層2における反射の影響が大きなものとなる。この導体層2における反射の影響を低減するためには、導体層2における反射波と入射波の一部を相殺すればよい。

【0038】従って、誘電体導波管線路6と方形導波管8との当接部である結合用窓7の部分の一対の導体層2・3の間隔すなわちこの部分の一対の導体層2・3で挟持された誘電体基板の厚みを、 $(\lambda_b/4) \times (1/\sqrt{\epsilon_r})$  (ただし、 $\lambda_b$ ：方形導波管の管内波長、 $\epsilon_r$ ：誘電体基板の比誘電率) の長さに設定すること、つまり高周波信号の信号周波数における方形導波管8内の管内波長 $\lambda_b$ を誘電体導波管線路6の誘電体基板の比誘電率 $\epsilon_r$ の平方根で割った値と等しくすることにより、入射波と反射波の位相は導体層2上では等しく、結合用窓7では180度異なるものとなる。その結果、入射波の一部

と反射波とは打ち消しあい、接続部での反射は低減されることとなるので、かかる構造を用いることにより、方形導波管8と誘電体基板中に内蔵可能な誘電体導波管線路6とを高周波信号の反射を低減して低損失で接続することができるものとなる。

【0039】本発明の誘電体導波管線路6と方形導波管8との接続構造において結合用窓7を形成する場合、その位置・形状および大きさについては、接続構造に要求される周波数特性・結合量および反射量が複雑に関与する。このため、要求される周波数特性を満足するように電磁界解析により繰り返し計算することによって、所望の接続特性を有する結合用窓7の位置・形状および大きさ等が決定されることとなる。

【0040】なお、誘電体導波管線路6においてE面を導体層2・3で形成し、H面を貫通導体群4で形成して、結合用窓7を導体層2に設けた場合には、この当接部の一对の導体層2・3の間隔を $(\lambda_b/4) \times (1/\sqrt{\epsilon_r})$ としても、当接部における誘電体導波管線路6の遮断周波数が高くなってしまうために高周波信号が伝播しなくなる可能性があり、あまり有効ではないものとなることがある。

【0041】次に、図3に本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造の実施の形態の他の例を示す。

【0042】図3は図2に示した例と同様の誘電体導波管線路6と方形導波管8との接続構造を示す斜視図であり、同様の箇所には同じ符号を付してある。図3では、誘電体導波管線路6において結合用窓7から高周波信号の伝送方向に誘電体導波管線路6の管内波長 $\lambda_a$ の4分の1 ( $\lambda_a/4$ ) の長さの位置に、2列の貫通導体群4の幅および/または一对の導体層2・3の間隔すなわち一对の導体層2・3で挟持された誘電体基板の厚みを変化させた伝送領域の変化部10を設けた例を示している。

【0043】本発明の誘電体導波管線路6と方形導波管8との接続構造においては、接続部である方形導波管8の当接部における誘電体導波管線路6の厚みすなわち一对の導体層2・3の間隔を前述のように調整すると両者の低損失な接続が可能となるが、このような接続構造をさらにこの誘電体導波管線路6が形成された誘電体基板内に実際の高周波回路を形成する場合には、誘電体導波管線路6と高周波回路とを接続するために誘電体導波管線路6の信号伝送方向に垂直な断面すなわち高周波信号の伝送領域のサイズを接続部とは異なるものとする必要がある場合がある。

【0044】このような場合、誘電体導波管線路6における伝送領域のサイズを伝送方向の途中の不特定位置で変化させると、その部分で特性インピーダンスが変化してしまうために高周波信号の反射が起きて伝送損失が生じることとなる。これに対し、結合用窓7から高周波信号の伝送方向に入 $a/4$ の長さの位置に伝送領域の変化部10を設けることにより、方形導波管8との接続部と変

化部10との間に $1/4$ 波長の長さを持つ整合器を設けることと等価となり、変化部10における高周波信号の反射を低減することができ、伝送損失を小さくすることができる。

【0045】このような変化部10は、図3に示したように誘電体導波管線路6の幅すなわち2列の貫通導体群4の間隔(幅)を狭くするもの他にも、その間隔(幅)を広くするものや、誘電体導波管線路6の厚みすなわち一対の導体層2・3の間隔を狭くするもの、あるいは広くするもの、さらにそれらを組み合わせて伝送領域のサイズを小さくするものや大きくするものであってもよく、そのサイズや形状は誘電体導波管線路6と高周波回路との接続条件に応じて適宜設定すればよい。

【0046】また、図3においては変化部10として2列の貫通導体群4の間隔(幅)をそれぞれ段差状に変化させた例を示したが、変化部10は高周波信号の伝送方向に対して必ずしも垂直である必要はなく、伝送方向に高周波信号の伝送特性上で適切な長さを持つように連続的に変化させたものであってもよい。

#### 【0047】

【実施例】【例1】図2に示した構成の本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造について、以下のようにして伝送線路の伝送特性としてSパラメータを求めた。

【0048】まず、方形導波管8にはWR J-95で高周波信号の伝送方向に垂直な断面の寸法が $2.54\text{mm} \times 1.27\text{mm}$ のものを用いた。誘電体導波管線路6の誘電体基板1には比誘電率 $\epsilon_r$ が4.9の銅導体同時焼成ガラスセラミックスを用い、2列の貫通導体群4の間隔(幅)を $1.68\text{mm}$ とし、一対の導体層2・3の間隔を $0.70\text{mm}$ とした。この導体層2・3の間隔は、方形導波管8中の $76.5\text{GHz}$ における $\lambda_b/4$ を誘電体基板1の比誘電率 $\epsilon_r$ で除した値に相当する。また、導体層2には結合用窓7として $1.27\text{mm} \times 1.68\text{mm}$ の開口を設けた。この結合用窓7は、方形導波管8の開口端面の短辺方向の長さと誘電体導波管線路6の高周波信号の伝送領域の長辺方向の長さ(2列の貫通導体群4の幅)とに等しい寸法の開口となっている。

【0049】このような誘電体導波管線路6の結合用窓7を覆うように方形導波管8の開口端面を導体層2に当接させ、この接続構造について方形導波管8から誘電体導波管線路6へ高周波信号を伝送したときの高周波信号の伝送特性を図4に示す。

【0050】図4はSパラメータのレベルの周波数特性を示す線図であり、横軸は周波数(GHz)を、縦軸はSパラメータのうち $S_{11}$ および $S_{21}$ のレベルの値(dB)を表わし、図中の特性曲線は各Sパラメータの周波数特性を示している。

【0051】図4に示した結果より、本発明の方形導波管と誘電体導波管線路との接続構造によれば、反射係数

( $S_{11}$ )が $76.5\text{GHz}$ 近傍で極小になり、透過係数( $S_{21}$ )が極大となっていることが分かる。なお、ここには図示していないが、反射係数( $S_{11}$ )のピークは誘電体導波管線路6の高周波信号の伝送領域の厚みを薄く、すなわち導体層2・3の間隔を狭くすると高周波側に移動し、厚くすると低周波側に移動する。

【0052】以上の結果より、誘電体導波管線路6と方形導波管8との接続部における伝送領域の厚み、すなわち一対の導体層2・3の間隔を $(\lambda_b/4) \times (1/\sqrt{\epsilon_r})$ の長さと等しい値とすることにより、接続部における高周波信号の反射を低減して伝送損失を小さくできることが確認できた。

【0053】【例2】次に、図3に示した構成の本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造について、【例1】と同様にして伝送線路の伝送特性としてSパラメータを求めた。

【0054】ここで、誘電体導波管線路6の高周波信号の伝送領域の寸法は、接続部の $1.68\text{mm} \times 0.70\text{mm}$ から、結合用窓7から $\lambda_a/4$ に相当する $0.53\text{mm}$ の位置において、変化部10により2列の貫通導体群4の間隔(幅)を狭くすることにより $1.50\text{mm} \times 0.70\text{mm}$ に変化させた。

【0055】このような本発明の誘電体導波管線路6と方形導波管8との接続構造における高周波信号の伝送特性を図5に示す。

【0056】図5はSパラメータのレベルの周波数特性を示す図4と同様の線図であり、横軸は周波数(GHz)を、縦軸はSパラメータのうち $S_{11}$ および $S_{21}$ のレベルの値(dB)を表わし、図中の特性曲線は各Sパラメータの周波数特性を示している。

【0057】図5に示した結果より、本発明の方形導波管と誘電体導波管線路との接続構造によれば、反射係数( $S_{11}$ )が $76.5\text{GHz}$ 近傍で極小になり、透過係数( $S_{21}$ )が極大となっていることが分かる。なお、ここには図示していないが、変化部10を設けないか、または設けてもその位置を $\lambda_a/4$ に相当する位置から外れたものとすると、高周波信号の反射係数( $S_{11}$ )が大きくなり、透過係数( $S_{21}$ )が小さくなつて、伝送特性が悪化する傾向が見られた。

【0058】以上の結果より、誘電体導波管線路6の高周波信号の伝送領域にその寸法が不連続となる変化部10を設ける場合に、その位置を結合用窓7から $\lambda_a/4$ の位置に設定することにより、不連続部での高周波信号の反射を低減して伝送損失を小さくできることが確認できた。

【0059】なお、本発明は以上の実施の形態の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更・改良を施すことは何ら差し支えない。例えば、結合用窓から変化部までの断面寸法を、結合部における断面寸法の積層型導波管のインピーダンスと変化

後の断面寸法の積層型導波管のインピーダンスの積の平方根と等しくなるように選定するようにもよい。

#### 【0060】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造によれば、誘電体導波管線路と方形導波管との当接部である結合用窓の部分の一対の導体層の間隔を  $(\lambda b / 4) \times (1 / \sqrt{\epsilon_r})$

(ただし、 $\lambda b$ ：方形導波管の管内波長、 $\epsilon_r$ ：誘電体基板の比誘電率) の長さに設定したことにより、両者の接続部での反射を低減することができ、方形導波管と誘電体基板中に内蔵可能な誘電体導波管線路とを高周波信号の反射を低減して低損失で接続することができた。

【0061】また、本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造によれば、誘電体導波管線路において結合用窓から高周波信号の伝送方向に  $\lambda a / 4$  の長さの位置に伝送領域の変化部を設けたことにより、変化部における高周波信号の反射を低減することができ、誘電体導波管線路の伝送領域の寸法を変化させて異なる伝送領域の寸法を有する高周波回路と接続する場合に、この変化部における高周波信号の伝送損失を小さくすることができた。

【0062】以上により、本発明によれば、従来の多層化技術によって容易に作製することのできる誘電体導波管線路と、方形導波管との接続構造について、接続部での高周波信号の反射を低減して低損失で接続することができる誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造を提

供することができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に用いる誘電体導波管線路の例を説明するための概略斜視図である。

【図2】本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造の実施の形態の一例を示す、誘電体導波管線路を輪郭で表示した状態の斜視図である。

【図3】本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造の実施の形態の他の例を示す、誘電体導波管線路を輪郭で表示した状態の斜視図である。

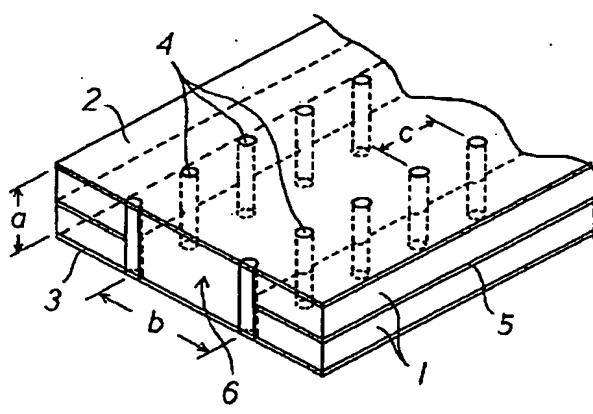
【図4】本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造におけるSパラメータのレベルの周波数特性を示す線図である。

【図5】本発明の誘電体導波管線路と方形導波管との接続構造におけるSパラメータのレベルの周波数特性を示す線図である。

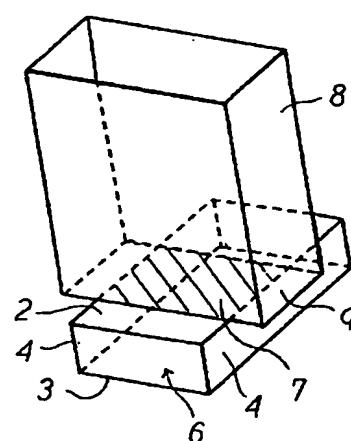
#### 【符号の説明】

- 1 ····· 誘電体基板
- 2、3 ··· 導体層
- 4 ····· 貫通導体群
- 6 ····· 誘電体導波管線路
- 7 ····· 結合用窓
- 8 ····· 方形導波管
- 9 ····· 開口端面
- 10 ····· 伝送領域の変化部

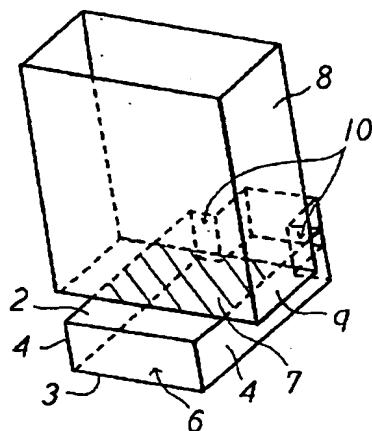
【図1】



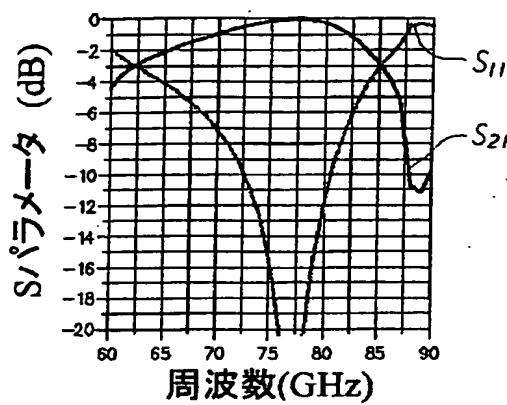
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

